

감마선 조사 처리가 가속저장 오징어순대의 저장성 및 기호성에 미치는 영향

김현지¹ · 김꽃봉우리¹ · 김동현¹ · 선우찬¹ · 정슬아¹ · 정다현¹ · 정희예¹
김재훈² · 이주운² · 도상룡³ · 변명우⁴ · 안동현^{1†}

¹부경대학교 식품공학과, ²한국원자력연구원 첨단방사선연구소
³바다식품, ⁴우송대학교 외식조리영양학부

Effects of Gamma Irradiation on Shelf-Life and Sensory Scores of Squid *Sundae* under Accelerated Storage Conditions

Hyun-Jee Kim¹, Koth-Bong-Woo-Ri Kim¹, Dong-Hyun Kim¹, Chan Sunwoo¹, Seul-A Jung¹,
Da-Hyun Jeong¹, Hee-Ye Jung¹, Jae-Hun Kim², Ju-Woon Lee², Sang-Ryong Do³,
Myoung-Woo Byun⁴, and Dong-Hyun Ahn^{1†}

¹Dept. of Food Science & Technology/Institute of Food Science, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

²Advanced Radiation Technology Institute, Korea Atomic Energy Research Institute, Jeonbuk 580-185, Korea

³Sea Food, Busan 604-845, Korea

⁴Dept. of Culinary Nutrition, Woosong University, Daejeon 300-718, Korea

Abstract

This study was conducted to examine the effects of gamma irradiation on the shelf-life and sensory scores of squid *Sundae* under accelerated storage conditions. Squid *Sundae* was stored at 37°C for 35 days following gamma irradiation at doses of 0, 10, and 20 kGy. For total viable cell counts, control and gamma-irradiated (GI) (10 kGy) squid *Sundae* were already spoiled in 4 days, whereas GI (20 kGy) squid *Sundae* showed complete suppression of bacterial growth during storage. There were no significant changes in pH values compared to the control. The VBN and TBARS (thiobarbituric acid reactive substance) values of GI (20 kGy) squid *Sundae* were significantly lower than those of the control. In addition, the induction period of GI (20 kGy) squid *Sundae* as measured by a Rancimat showed a higher level compared to that of the control. In the sensory evaluation, there were no significant changes between the control and GI samples. These results suggest that a dose of 20 kGy is the optimum and effective dose for preservation of squid *Sundae*.

Key words: squid *Sundae*, gamma irradiation, accelerated storage

서 론

오징어(*Todarodes pacificus*)는 독특한 조직감과 풍미로 인해 기호성이 높아 예로부터 한국, 일본, 중국을 포함한 아시아 지역에서 많이 이용되어 온 주요 수산물 중의 하나이다(1-3). 오징어는 단백질이 풍부하고 피로회복 및 숙취해소에 효과적인 타우린, 항균 및 항암효과가 우수한 다당류 illexin, 방부작용을 갖는 멜라닌색소 그리고 불포화지방산인 eicosa pentanoic acid(EPA)와 docosa hexanoic acid(DHA) 등 각종 영양분을 다량 함유한 대표적인 영양기호식품이다(4). 일반적으로 식품의 변패 및 손실은 온도, pH, 수분 등의 물리 화학적 요인 등에 의해 발생하기도 하지만 주로 미생물에 의한 오염으로 인해 발생한다(5,6). 특히 오징어는 높은 수분 함량으로 인해 미생물로 인한 품질 변화가 빨라 쉽게 변질 및 부패하는 식품 중 하나이다. 따라서 오징어 가공식품도

제조 및 가공과정에서 미생물의 오염가능성으로 인해 미생물학적 안전성이 요구된다. 오징어는 마른오징어, 조미 오징어, 오징어 젓갈 등 다양한 형태의 가공품으로 소비되어지고 있으며(2), 그중 하나인 오징어순대는 오징어 몸통 속에 각종 야채 및 연육 혼합물을 집어넣어 가속공정을 거쳐 냉동상태로 보관하게 되는데, 가열공정을 거치기 때문에 냉동저장 중 지질의 산화, 갈변현상과 연육사용으로 인한 장기 저장 시 부패의 우려가 있다.

현재 식품의 저장성 개선을 위해 주로 이용되고 있는 살균 처리 기술에는 가열 처리나 자외선 조사, 훈증제 처리, 화학약품 처리, microwave 처리 등이 있다. 하지만 이러한 살균 처리 기술은 고온에 의한 식품의 일반 성분의 변화 및 손실을 가져오거나 화학 성분의 잔류 및 유해 물질의 생성에 따른 여러 문제점을 야기하고 또한 미생물 살균 효과도 떨어져 효과적인 대체 기술의 개발이 필요하다(7). 최근 식품의 미

[†]Corresponding author. E-mail: dhahn@pknu.ac.kr
Phone: 82-51-629-5831, Fax: 82-51-629-5824

생물학적 안전성 및 품질의 향상을 고려하여 pulsed electric field(PEP)(8), ultraviolet(UV)(9), irradiation(10), ultrasound(11), ozone(12), ohmic heating(13), high pressure processing(HPP)(14) 등의 비가열처리 기술이 응용되고 있으며, 그중에서도 방사선 조사기술이 식품의 안전한 저장 및 유통을 위한 매우 효과적인 기술로서 최근에 관심을 모으고 있다(15).

방사선은 투과력이 강하여 식품 및 소재의 부패방지, 제품의 안전성 및 보존성 향상 등에 효과가 있는 것으로 보고되고 있으며, 1981년 “10 kGy 이하로 조사된 모든 식품은 독성학적으로 안전하며, 영양학적으로도 문제가 되지 않는다.”라고 결론지었다(15). 또한 보다 높은 선량을 조사하여도 안전성에 문제가 없다고 보고하고 있으며(15), 적절한 선량의 방사선 조사는 물리, 화학 및 관능적 특성에 영향을 크게 주지 않으면서 식품 중의 유해한 미생물을 사멸시켜(16) 식품산업 전반에 걸쳐 그 응용성이 다양하여 국제적으로 이용이 증대되고 있다(17). 최근에는 미역귀(18), 감초뿌리(19), 복숭아(20) 등 다양한 천연물에 감마선 조사를 실시하여 기능성물질 추출 수율(18), 항산화(19), 항균(20) 등의 생리활성 변화에 대해 알아보는 연구가 활발히 이루어지고 있다. 뿐만 아니라 감마선 조사를 통해 천연물의 진한 색상을 밝고 투명하게 개선시킨 결과들이 보고(21)되면서 천연물의 산업적 적용을 용이하게 하는데 감마선 조사가 이용될 수 있음이 밝혀지고 있다(16). 이와 같은 세계적 추세와 함께 방사선 조사기술을 이용하면 오징어의 저장 및 유통안정성과 관련된 제반 문제점들을 해결할 수 있을 것으로 기대된다(22).

가속저장 시험은 저장 온도를 높여 미생물 생육 속도 및 품질변화 속도를 증가시켜 단시간 내에 저장 및 유통 중 식품의 품질 변화양상과 미생물의 한계 및 그 기간을 측정 또는 예측하는데 사용되는 방법(23)으로 가속 저장 실험을 통해 복합조미료(24), 고추장(25), 햄버거 스테이크(23) 및 탕반류(26)의 저장 중 품질변화와 유통기한을 예측한 연구가 보고된 바 있다.

따라서 본 연구에서는 감마선 조사 처리를 통해 오징어순대의 장기간 저장 가능성을 알아보려고 하였으며, 현재 10 kGy 이하의 조사선량이 미흡하다는 기술적 문제점이 많이 보고되었고(27) 완전 살균과 장기저장을 위해서는 10 kGy 이상의 고선량 조사가 필요하다고 보고됨(27)에 따라 처리구를 국내 감마선 조사 허용기준치인 10 kGy 및 충분한 저장성 증진 효과를 보기 위해 20 kGy 조사 처리구로 실험을 진행하였다. 또한 오징어순대의 장기저장성을 단시간에 평가하기 위해 제조된 오징어순대에 10 및 20 kGy로 방사선 처리를 한 후 37°C에서 저장하면서 감마선 조사된 오징어순대의 저장 안정성과 기호성을 조사하여 감마선 조사기술의 이용 가능성을 평가하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 오징어순대는 (주)바다식품(부산)에서 구매하여 실험에 사용하였다.

감마선조사

한국원자력연구원 정읍 첨단방사선연구소에 있는 감마선 조사시설(IR-79, MDS Nordion International Ltd, Ontario, Canada)에서 선원 11.1 pBq, Co-60을 실온에서 시간당 일정 선량률로 오징어순대에 각각 10 및 20 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 조사하였다. 감마선 조사한 시료는 37°C에서 35일간 보관하면서 실험에 사용하였다.

생균수

감마선 조사한 오징어순대 2 g을 무균적으로 취하여 10배량의 멸균 PBS(phosphate buffered saline, pH 7.4)를 첨가한 후, 1,000 rpm에서 1분간 호모게나이저(AM-7, Ace homogenizer, Nihonseiki, Tokyo, Japan)로 균질화한 다음 10배 희석법으로 희석하였다. 희석액을 PCA(plate count agar)에 도말하여 37°C에서 24시간 배양한 후 생성된 집락의 수를 측정하였다. 이때 사용한 PCA는 Difco사(Franklin Lakes, NJ, USA)의 제품을 사용하였다.

pH

감마선 조사한 오징어순대의 겉 및 속을 세절하여 각각 2.5 g씩 취한 후, 10배량의 증류수 50 mL와 혼합하여 호모게나이저로 10,000 rpm에서 2분간 균질화한 다음 pH meter(HM-30V, TOA, Kobe, Japan)로 측정하였다.

VBN(volatil basic nitrogen)

VBN 측정은 식품공전상의 Conway법(28)을 이용하였다. 오징어순대의 겉 및 속을 각각 5 g씩 취하여 증류수 50 mL를 첨가하여 10분 교반, 5분 정치한 후, 여과액을 pH 4.0으로 보정하고 100 mL 정용하였다. Conway unit 내실에 처리한 시료 및 0.01 N H₂SO₄를, 외실에 K₂CO₃ 포화용액을 각각 1 mL씩 첨가하고 혼합하여 클립을 채워 25°C에서 1시간 반응시킨 후 내실에 Brunswik 시약을 한 방울 첨가하고 미량수평 뷰렛을 사용하여 0.01 N NaOH 용액으로 적정하였다.

산화도

TBARS는 Buege와 Aust의 방법(29)에 의하여 측정하였다. 감마선 조사한 오징어순대 겉 및 속을 각각 2.5 g 취한 후, 5배의 증류수를 가하여 3,000 rpm에서 1분간 균질화시킨 다음 glass wool에 여과하였다. 이 여액 0.5 mL에 초순수 0.5 mL와 7.2% BHT 50 µL, TBA/TCA 용액 2 mL를 첨가하고 끓는 물에서 15분간 가열한 뒤에 냉각시켰다. 이를 3,000 rpm의 속도로 10분간 원심분리(UNION 32R, Hanil Co., Incheon, Korea)하여 얻은 상층액을 531 nm에서 측정하였다.

얻어진 TBARS 값은 오징어순대 kg당 생성된 malonaldehyde 양(mg)으로 나타났다.

Rancimat에 의한 산화 안정도

유지 산화안정도 실험을 위해 rancimat(743, Metrohm Co., Herisau, Switzerland)를 이용하였다. 세절한 오징어순대의 속을 동결건조 시킨 다음 80 mesh 체로 걸러서 반응용기에 각 시료 0.5 g과 lard oil 2.5 g을 취한 후, 80°C에서 시간당 20 L의 여과된 공기를 주입하는 방법으로 산화시켰다. 이때 발생하는 aldehyde, ketone 등의 휘발성 산화생성물을 증류수 65 mL가 든 흡수용기에 이행시켜 전기 전도도 변화에 따른 유도기간을 측정하였다.

관능평가

감마선 조사가 오징어순대의 관능적 특성에 미치는 영향을 평가하기 위해 13명(부경대학교 식품공학전공 식품자원개발실협실원 남 4명, 여 9명, 22~28세)의 관능평가원을 구성하여 감마선 조사된 오징어순대로 외부색, 내부색, 형태, 향, 맛, 외부질감, 내부질감, 외부경도, 내부경도, 외부탄력성, 내부탄력성, 다즙성, 외부부착성, 내부부착성 및 전체적 호감도의 15가지 항목에 대해 7점 점수법으로 평가하였다.

통계처리

각 실험에 대한 유의차 검정은 SAS software(Statistical analytical system V8.2, SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA)에서 평균값을 분산분석 한 후, Duncan's multiple range test법에 따라 p<0.05 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

생균수

가공식품의 저장성을 향상시키기 위해서는 미생물의 생육억제가 필수적이며(30), 감마선 조사는 미생물의 생육을 억제한다고 보고되고 있다(31). 이에 본 연구에서는 10 및 20 kGy로 감마선 조사 처리하여 제조한 오징어순대를 37°C에서 35일간 저장하여 일반세균수를 측정하였다. 그 결과(Table 1), 0일차에 비조사구에서는 10⁴ CFU/mL 가량의 균이 검출되었으나 10 kGy 조사구의 경우, 균수가 검출한계 내에 있어 균이 검출되지 않았다. 4일차에 비조사구 및 10 kGy 조사구는 10⁷~10⁸ CFU/mL로 상당히 부패되었지만, 20 kGy 조사구는 35일차까지 미생물의 생육이 억제되는 것을 확인할 수 있었다. Kang 등(32)이 7~30 kGy의 감마선을

Table 1. Viable cell count of squid *Sundae* (unit: CFU/mL)

Days	0 kGy	10 kGy	20 kGy
0	1.05 × 10 ⁴	— ¹⁾	—
4	5.66 × 10 ⁸	1.22 × 10 ⁷	—
14	—	—	—
35	—	—	—

¹⁾Not detected.

고추장굴비에 조사하였을 때 조사선량에 의존적으로 총 호기성 세균의 수를 효과적으로 감소시키는 것으로 나타났고, 0~10 kGy의 감마선을 화닭 덮밥 소스에 조사하였을 때 3 kGy 이상의 감마선 조사 처리 시 모든 미생물이 검출되지 않았다고 Kim 등(31)이 보고하여 본 연구의 결과와 일치하였다. 감마선에 의한 미생물의 미검출은 감마선에 감수성이 강한 균들의 불활성화와 진공포장에 의한 2차 오염 방지에 기인된 것으로 생각된다(33). 이상의 결과를 볼 때 20 kGy 정도 선량의 감마선 조사 시 부패균의 생육이 억제되어 멸균 오징어순대를 제조할 수 있으며, 상온에서도 유통이 가능할 것으로 사료된다.

pH

식품은 그 원료 및 가공의 목적에 의해 다양한 pH 영역을 지니고 있으며, 이는 그 식품의 품질 및 고유의 특성을 나타낸다. 또한 미생물의 생육조건에 영향을 미치므로 식품에서 pH 측정은 중요한 요소이다(34). 감마선 처리 오징어순대의 저장기간에 따른 pH 변화는 Table 2와 같다. 비조사구 및 조사구 사이에 유의적으로 차이가 있었으나 일정한 경향은 나타나지 않았다. 이러한 결과는 0~5 kGy 선량의 감마선을 닭고기에 조사한 결과, pH가 6.68~6.81 사이로 나타나 pH에 큰 영향을 주지 않았다고 보고한 Lee와 Kim(35)의 결과와 일치한다. 따라서 감마선 조사는 오징어순대의 pH에는 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

VBN

대부분의 수산물은 어획 후 선도가 저하되면 어육 중에 존재하는 환원계 효소나 세균의 작용에 의해 TMAO(trimethylamineoxide)가 환원되어 생성되는 TMA(trimethylamine) 등의 저급 염기성물질의 생성 및 세균의 증식에 의해 단백질이 분해되어 생성되는 암모니아 질소 등에 의해 휘발성 염기질소(VBN) 함량이 증가하게 된다(36). 이에 본 연구에서는 VBN 측정을 통해 감마선 조사 처리가 오징어순대의 선도에 미치는 영향에 대하여 알아보았다(Table 3). 처리 직후 휘발성 염기질소 함량은 20 kGy 처리구가 9.19 mg%로 가장 높게 나타났으나 5~10 mg%의 VBN 함량은 신선한 상태로써 세 가지 처리구 모두 신선한 상태인 것을 알 수 있었으며, 개체차이로 인한 값의 차이라고 사료되어진다. 비조사구 및 10 kGy 조사구는 4일차에 심하게 부패되어 측정이 불가능하였다. 하지만 20 kGy의 경우 저장기간 동안 휘발성 염기 질소 함량이 점차 증가하였으나, 35일차에도 약 29

Table 2. Changes in pH of squid *Sundae*

Days	0 kGy	10 kGy	20 kGy
0	7.05 ± 0.00 ^{Ba1)}	7.01 ± 0.00 ^{Cb}	7.08 ± 0.01 ^{Ab}
4	6.90 ± 0.01 ^{Bb}	7.09 ± 0.01 ^{Aa}	—
14	—	—	7.17 ± 0.01 ^a
35	—	—	7.08 ± 0.01 ^b

¹⁾Means in the same row (A-C) and column (a,b) bearing different superscripts are significantly different (p<0.05).

Table 3. Changes in VBN of squid *Sundae* (unit: mg%)

Days	0 kGy	10 kGy	20 kGy
0	8.26±0.24 ^B	6.63±0.21 ^C	9.19±0.57 ^{Ac1)}
4	— ²⁾	—	—
14	—	—	15.84±0.21 ^b
35	—	—	29.12±0.21 ^a

¹⁾Means in the same row (A-C) and column (a-c) bearing different superscripts are significantly different (p<0.05).

²⁾Bar indicates no determination of VBN because of spoilage.

mg%의 함량을 보여 초기 부패 단계인 30~40 mg%에 약간 못 미쳐 보통 선도가 유지된 것으로 나타났다. 이는 미생물 생육결과와 일치하는 결과로 감마선 조사에 의해 오징어순대의 미생물이 감소하였기 때문인 것으로 사료되어진다. Song 등(37)은 흡수선량이 5~20 kGy가 되게 감마선을 조사한 분쇄돈육 및 돈육패티의 VBN 측정 결과, 저장초기에는 유의적인 차이가 없었으나 저장일차가 증가함에 따라 조사처리구의 VBN 함량의 증가가 억제되었다고 보고하였으며, 1~4 kGy 조사선량으로 조사한 런천미트의 VBN 함량 또한 저장일차가 증가함에 따라 조사처리구의 VBN 함량 증가가 억제되었다고 Al-Bachir와 Mehio(38)가 보고한 것과 일치하였다. 이상의 결과에서와 같이 수산물에서 중요한 품질 지표인자인 VBN 함량은 미생물 생육과 밀접한 관련이 있으며, 감마선의 높은 투과도가 오징어순대에 오염된 미생물 제어에 효과적인 것을 확인할 수 있었다(37).

산화도

감마선 조사 처리를 한 오징어순대의 저장일차별 산화도를 TBARS법으로 측정한 결과는 Table 4에 나타내었다. 식품에 존재하는 불포화지방산은 공기 중에서 쉽게 산화되어 다량의 과산화물을 생성하여 식품의 품질을 저하시킨다. 불포화지방산이 산화되어 생성된 과산화물 중 malonaldehyde는 2-thiobarbituric acid와 결합하여 붉은 색으로 발색하게 되는데, 이 발색정도로 식품의 산화도를 알 수 있다(39). 저장 0 및 4일차에는 감마선 조사선량에 의존적으로 TBARS 값이 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 Song 등(37)이 0~20 kGy의 흡수선량이 되도록 감마선 조사한 분쇄돈육의 TBARS 값을 측정한 결과, 저장초기에 감마선 조사선량이 증가함에 따라 TBARS 값도 증가하였다고 보고한 것과 일치하는 결과였다. 이러한 결과는 감마선 조사로 인해 생성된 free radical에 의해 지방 산패가 촉진되었기 때문인 것으로

Table 4. Changes in TBARS value of squid *Sundae* (unit: mg MDA/kg)

Days	0 kGy	10 kGy	20 kGy
0	0.26±0.01 ^{Ca1)}	0.29±0.00 ^{Bb}	0.41±0.00 ^{Aa}
4	0.19±0.01 ^{Bb}	0.42±0.02 ^{Aa}	—
14	—	—	0.37±0.02 ^a
35	—	—	0.32±0.02 ^b

¹⁾Means in the same row (A-C) and column (a,b) bearing different superscripts are significantly different (p<0.05).

사료되어진다(40). 하지만 4일차 이후에 0 및 10 kGy 조사 처리구의 경우, 시료가 심하게 부패되어 실험이 불가능하였으며, 20 kGy 조사 처리구의 경우 저장기간 동안 큰 변화가 없었다. TBARS 값이 저장기간이 증가함에 따라 증가하지 않은 것은 Nam과 Yang(41)이 감마선 조사된 채소류에서 조사선량과 저장기간에 따른 free radical 농도의 변화를 측정한 결과, free radical의 농도가 선량에 비례적으로 증가하나 저장기간이 경과함에 따라 감소하였다는 연구에서와 같이 저장기간의 경과에 따른 free radical 농도 감소로 인한 것으로 사료된다. 또한 일반적으로 감마선 조사에 의해 지질의 산화가 촉진되는 것으로 알려져 있으나 본 실험에서 20 kGy 조사처리구의 TBARS 값이 저장기간이 증가함에 따라 큰 변화가 없는 것은 진공포장을 하여 산소와의 접촉을 최소화하여 조사하였기 때문에 감마선 조사에 의한 지질 산화가 억제되었기 때문인 것으로 보인다. 이러한 결과는 Ahn 등(42)이 aerobic condition에서 조사하였을 때는 비조사구에 비해 지질 산화도가 높았으나, anaerobic condition에서 조사 및 저장하였을 때는 지질 산화가 증가하지 않았다고 보고한 것과 유사하다.

Rancimat에 의한 산화 안정도

감마선 조사 처리 오징어순대를 35일간 저장하여, rancimat에 의한 산화안정도를 측정한 결과는 Table 5에 나타내었다. 처리직후 0, 10 및 20 kGy의 유도기간이 각각 6.09, 5.30 및 6.01로 무처리와 20 kGy 처리구는 유의적인 차이가 없으며 10 kGy 처리구는 산화가 가장 많이 진행되었음을 알 수 있었다. 이는 개체 차이에 의한 것으로 사료된다. 비조사구 및 10 kGy 처리구는 4일차에 유도기간이 감소하였으며, 특히 비조사구는 0.37시간으로 유도기간이 급격히 줄어들어 상당히 지질산화가 발생한 것을 알 수 있었다. 하지만 20 kGy 처리구의 유도기간은 35일차에도 처리 직후보다 오히려 조금 증가하여, 감마선 조사에 의해 지질산화가 발생하지 않아 오징어순대의 지질산화에 영향을 주지 않은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 0~50 kGy의 흡수선량이 되도록 감마선 조사한 참치 자숙액 에탄올 추출물의 산화안정도가 증가되었다고 보고한 Lee 등(43)의 결과와 동일하였다.

관능평가

감마선 조사 처리 오징어순대를 저장일차별로 색, 형태, 향, 맛, 질감, 경도, 탄력성, 다즙성, 부착성 및 전체적인 호감

Table 5. Changes in Induction period of squid *Sundae* (unit: hr)

Days	0 kGy	10 kGy	20 kGy
0	6.09±0.23 ^{Aa1)}	5.30±0.01 ^{Ba}	6.01±0.21 ^{Ab}
4	0.37±0.00 ^{Bb}	3.79±0.01 ^{Ab}	—
14	—	—	8.00±0.44 ^a
35	—	—	7.43±0.16 ^a

¹⁾Means in the same row (A,B) and column (a,b) bearing different superscripts are significantly different (p<0.05).

Table 6. Sensory evaluation of the squid *Sundae*

	0 day			35 days
	0 kGy	10 kGy	20 kGy	20 kGy
Color (outside)	4.38±1.12 ¹⁾	4.08±1.04	4.69±0.95	3.43±1.09
Color (inside)	4.23±0.93	4.54±0.88	4.77±0.83	2.79±0.89
Appearance	4.23±1.09	4.31±1.03	4.23±1.01	3.43±1.09
Aroma	4.77±1.01	4.31±1.03	4.15±1.11	3.64±0.93
Taste	4.92±0.86	4.38±1.04	4.08±1.19	3.36±0.93
Texture (outside)	5.38±1.19	5.46±0.78	5.38±0.87	3.71±1.38
Texture (inside)	4.46±0.88	4.46±0.78	4.69±0.85	3.29±1.07
Hardness (outside)	4.85±0.69	4.85±0.80	4.69±0.75	3.07±1.00
Hardness (inside)	3.23±0.73	3.54±0.78	3.54±0.78	2.79±1.12
Springiness (outside)	5.54±1.05	5.38±0.65	5.46±0.52	3.43±1.34
Springiness (inside)	3.46±0.88	3.77±1.09	3.62±0.96	2.79±0.80
Juicyness (inside)	4.38±0.77	4.31±0.75	4.38±0.77	3.71±1.14
Adhesiveness (outside)	4.23±1.17	4.15±0.99	4.38±1.12	3.79±1.19
Adhesiveness (inside)	3.85±1.21	4.08±0.86	4.15±1.07	3.29±0.91
Total	4.38±0.87	4.77±0.60	4.23±1.01	3.29±0.99

¹⁾Data were no significant difference between sample means.

도를 7점 점수법으로 실시하였다(Table 6). 0일차에 전 항목에서 처리구간에 유의적인 차이는 없었으나, 20 kGy 처리구가 색 및 부착성에서 비교적 높은 점수를 받았으며, 향 및 맛에서는 약간 낮은 점수를 받았다. 향 및 맛에서 비조사구에 비해 약간 낮은 점수를 받은 것은 감마선 조사 시 발생된 조사취로 인한 것으로 사료되어진다. 0 및 10 kGy 조사 처리구의 경우, 35일차에 이미 부패되어 버려 관능평가를 실시할 수 없었으며, 20 kGy의 경우 0일차에 비해 35일차에서는 전체적인 호감도 및 다른 항목에서 관능적 특성이 저하되었으나 감마선 조사가 오징어순대의 저장성 유지에 효과적이라는 것을 알 수 있었다.

요 약

본 연구에서는 감마선 조사 처리한 오징어순대를 37°C의 가속저장 조건에 저장하면서 오징어순대의 저장 안정성과 이화학적 및 관능적 품질변화를 평가하였다. 감마선은 10 및 20 kGy의 선량으로 각각 조사하여 대조구와 비교하였다. 35일간 저장하며 오징어순대의 일반 세균수를 측정 한 결과, 4일차 이후에 비조사구 및 10 kGy 조사구의 경우 심하게 부패되어 실험을 진행할 수 없었으나 20 kGy의 경우 35일차 까지 균이 검출되지 않아 미생물의 생육이 억제됨을 알 수 있었다. pH는 저장기간 동안 모든 처리구에서 6.90~7.17의 값을 보여 큰 변화가 없었다. 휘발성 염기질소(VBN) 함량 또한 앞선 일반 세균수 측정 결과와 마찬가지로 20 kGy 조사 처리 시 35일차에도 29.12 mg%로 초기부패에 이르지 않은 것을 알 수 있었다. 산화도의 경우, 비조사구 및 10 kGy 조사 처리구는 4일차 이후 시료가 심하게 부패되어 실험을 진행할 수 없었으나 20 kGy 조사처리구의 경우 저장기간 동안 0.32~0.41 mg MDA/kg으로 큰 차이가 없음을 알 수 있었다. Rancimat를 이용하여 산화안정도를 측정 한 결과, 비조사구의 경우, 4일차에 유도기간이 상당히 줄어든 것을 알

수 있었으나 20 kGy 조사 처리구의 경우 35일차에도 0일차와 비교 시 유의적인 차이가 없었다. 관능평가에서는 0일차에는 모든 처리구간에 큰 차이가 없었으나 35일차에서는 0 및 10 kGy의 경우 이미 부패되어버려 관능평가를 실시할 수 없었으며, 20 kGy의 경우 관능평가를 실시할 수는 있었으나 전체적 호감도 및 다른 항목에서 관능적 특성이 저하된 것을 알 수 있었다. 이상의 결과를 종합해보면, 0 및 10 kGy가 4일만에 부패되었으나 20 kGy 조사 처리구의 경우, 35일 까지 저장성이 지속된 것을 고려해볼 때 오징어순대에 20 kGy 감마선 조사 처리가 적절하다고 판단되며, 37°C 저장 시 1개월 이상의 저장기간을 연장시킬 수 있을 것으로 사료된다. 또한 장기 저장을 위한 고선량 조사 적용을 위해 고선량 조사 시 관능적 특성 저하를 최소화하기 위한 방안으로 다양한 식품가공 방법과의 병용 처리에 대한 연구가 수행되어야 할 것으로 사료되어진다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2010년도 산학연 공동기술개발사업 (No. 000406770110) 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

문 헌

1. Yang SY, Lee NH, Hong SP, Bang HA. 1999. Effects of propolis treatment on the quality of dried squid. *Korean J Food Sci Technol* 31: 356-360.
2. Hong JH, Bae DH, Lee WY. 2006. Quality characteristics of dried squid (*Todarodes pacificus*) by cold air drying process. *Korean J Food Sci Technol* 38: 635-641.
3. Benjakul S, Visessanguan W, Tanaka M, Ishizaki S, Taluengphol A, Chichanan U. 2000. Physicochemical and textural properties of dried squid as affected by alkaline treatments. *J Sci Food Agric* 80: 2142-2148.

4. Gou JY, Zou YY, Choi GP, Park YB, Ahn JH. 2011. Effect of high pressure processing on the shelf life of seasoned squid. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1136-1140.
5. Parish ME, Sadler GD, Wicker L. 1990. Viability of *Lactobacillus plantarum* in orange juice under low pH and temperature conditions. *J Food Sci* 55: 1023-1025.
6. Wei CI, Chen CM, Koburger JA, Otwell WS, Marshall MR. 1990. Bacterial growth and histamine production on vacuum packaged tuna. *J Food Sci* 55: 59-63.
7. Van Calenberg S, Van Cleemput O, Mondelaers W, Huyghebaert A. 1999. Comparison of the effect of X-ray and electron beam irradiation on the microbiological quality of foodstuffs. *LWT-Food Sci Technol* 32: 372-376.
8. Vega-Mercado H, Martín-Belloso O, Qin BL, Chang FJ, Góngora-Nieto M, Barbosa-Cánovas GV, Swanson BG. 1997. Non-thermal food preservation: Pulsed electric fields. *Trends Food Sci Tech* 8: 151-157.
9. Begum M, Hocking AD, Miskelly D. 2009. Inactivation of food spoilage fungi by ultra violet (UVC) irradiation. *Int J Food Microbiol* 129: 74-77.
10. Smith JS, Pillai S. 2004. Irradiation and food safety. *Food Technol* 58: 48-55.
11. Piyasena P, Mohareb E, McKellar RC. 2003. Inactivation of microbes using ultrasound: a review. *Int J Food Microbiol* 87: 207-216.
12. Selma MV, Beltrán D, Allende A, Chacón-Vera E, Gil MI. 2007. Elimination by ozone of *Shigella sonnei* in shredded lettuce and water. *Food Microbiol* 24: 492-499.
13. Leizeron S, Shimoni E. 2005. Stability and sensory shelf life of orange juice pasteurized by continuous ohmic heating. *J Agric Food Chem* 53: 4012-4018.
14. Matser AM, Krebbers B, van den Berg RW, Bartels PV. 2004. Advantages of high pressure sterilization on quality of food products. *Trends Food Sci Technol* 15: 79-85.
15. WHO. 1981. Wholesomeness of irradiated food. Report of joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee. Technical Report Series-659. p 34.
16. Lee SJ, Song EJ, Kim KBWR, Yoon SY, Lee CJ, Jung JY, Park NB, Kwak JH, Park JG, Kim JH, Choi JI, Lee JW, Byun MW, Ahn DH. 2010. Effects of gamma irradiation on antioxidant, antimicrobial activities and physical characteristics of *Sargassum thunbergii* extract. *Korean J Food Sci Technol* 42: 431-437.
17. Byun MW, Yook HS, Jo SK, Chong YJ. 1996. Status and prospects of food irradiation technology in Korea. *J Food Sci Nutr* 1: 262-268.
18. Kim DM, Kim KH, Sung NY, Jung PM, Kim JS, Kim JK, Kim JH, Choi JI, Song BS, Lee JW, Kim JK, Yook HS. 2011. Effects of gamma irradiation on the extraction yield and whitening activity of polysaccharides from *Undaria pinnatifida* sporophyll. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 712-716.
19. Khattak KF, Simpson TJ. 2010. Effect of gamma irradiation on the antimicrobial and free radical scavenging activities of *Glycyrrhiza glabra* root. *Radiat Phys Chem* 79: 507-512.
20. Kim MS, Kim KH, Yook HS. 2009. The effects of gamma irradiation on the microbiological, physicochemical and sensory quality of peach (*Prunus persica* L. Batsch cv Dangeumdo). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 364-371.
21. Jeon TW, Park JH, Shin MG, Kim KH, Byun MW. 2003. Effects of gamma-irradiation on biological activities and color changes of extracts of *Schizandrae fructus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 137-142.
22. Lee JW, Jo CH, Yook HS, Cha BS, Kim MC, Byun MW. 2002. Application of gamma irradiation for prolonging shelf-life of semi-dried squid (*Todarodes pacificus*). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 469-474.
23. Oh SH, Kim JH, Lee JW, Lee YS, Park KS, Kim JG, Lee HK, Byun MW. 2004. Effects of combined treatment of gamma irradiation and addition of rosemary extract powder on ready-to-eat hamburger steaks: I. microbiological quality and shelf-life. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 687-693.
24. Moon KD, Kim HK, Jo KS, Park MH. 1992. Prediction of shelf-life and changes of quality attributes in packaged composite seasoning during storage. *J Korean Agric Chem Soc* 35: 281-285.
25. Lee KY, Kim HS, Lee HG, Han O, Chang UJ. 1997. Studies on the prediction of the shelf-life of *Kochujang* through the physicochemical and sensory analyses during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 588-594.
26. Han KS, Lee EJ, Hong SP. 2005. The prediction of shelf-life of commercially sterilized Korean soups using accelerated experiment. *Korean J Food Cookery Sci* 21: 149-154.
27. Roberts T, Unneverhr L. 1994. New approaches to regulating food safety. *Food Rev* 17: 2-8.
28. KFDA. 2002. *Official Book for Food*. Korean Food and Drug Administration, Seoul, Korea. p 221-222.
29. Buege JA, Aust SD. 1978. Microsomal lipid peroxidation. *Methods Enzymol* 52: 302-310.
30. Lee YC, Kim SH, Oh SS. 2001. Effect of gamma irradiation on the quality of *Bulgogi* sauce. *Korean J Food Sci Technol* 33: 327-332.
31. Kim YS, Kim HJ, Yoon YH, Shin MG, Kim CJ, Shin MH, Lee JW. 2010. Antimicrobial effects of retort and gamma irradiation on bacterial populations in spicy chicken sauce. *Korean J Food Sci Ani Resour* 30: 141-147.
32. Kang SG, Park NH, Ko DO, Li JL, Kim BS, Park YK. 2011. Effects of high hydrostatic pressure and gamma irradiation on quality and microbiological changes of *Kochujang-Gulbi*. *Korean J Food Preserv* 18: 1-6.
33. Kwon JH, Byun MW, Cho HO. 1983. Preservation of meat products by irradiation I. storage of ham. *Korean J Food Sci Technol* 15: 364-369.
34. Jin SK, Kim IS, Hah KH, Park KH, Kim IJ, Lee JR. 2006. Changes of pH, acidity, protease activity and microorganism on sauces using a Korean traditional seasonings during cold storage. *Korean J Food Sci Ani Resour* 26: 159-165.
35. Lee KA, Kim MJ. 2004. Physico-chemical properties of irradiated chicken. *J Kor Living Sci Ass* 13: 91-96.
36. Song HN, Lee DG, Han SW, Yoon HK, Hwang IK. 2005. Quality changes of salted and semi-dried mackerel fillets by UV treatment during refrigerated storage. *Korean J Food Cookery Sci* 21: 662-668.
37. Song BS, Park JG, Kim WG, Kim JH, Choi JI, Yoon YH, Byun MW, Kim CJ, Lee JW. 2009. Comparison of the quality of gamma ray- or electron beam-irradiated minced pork and pork patties. *Korean J Food Sci Ani Resour* 29: 194-202.
38. Al-Bachir M, Mehio A. 2001. Irradiated luncheon meat: microbiological, chemical and sensory characteristics during storage. *Food Chem* 75: 169-175.
39. Kim JY. 2008. Food materialization of spent coffee ground extracts and variation of coffee antioxidant ability according to extraction process. *MS Thesis*. Pukyong National University, Busan, Korea.
40. Smith NL, Tinsley IJ, Bubl CE. 1960. The thiobarbituric acid test in irradiation sterilized beef. *Food Technol* 14: 317-320.
41. Nam HS, Yang JS. 2001. Changes of free radical concentration with irradiation dose and storage time in gamma-irradiated dried vegetables. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 854-857.

42. Ahn DU, Jo C, Du M, Olson DG, Nam KC. 2000. Quality characteristics of pork patties irradiated and stored in different packaging and storage conditions. *Meat Sci* 56: 203-209.
43. Lee HS, Kim HJ, Choi JI, Kim JH, Kim JG, Chun BS, Ahn

DH, Chung YJ, Kim YJ, Byun MW, Lee JW. 2008. Antioxidant activity of the ethanol extract from cooking drips of *Thunnus thynnus* by gamma irradiation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 810-814.

(2012년 5월 18일 접수; 2012년 9월 6일 채택)